

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-134606

(43)Date of publication of application : 28.05.1996

(51)Int.Cl.

C22C 38/00

H01F 1/16

(21)Application number : 06-276790

(71)Applicant : NIPPON STEEL CORP

(22)Date of filing : 10.11.1994

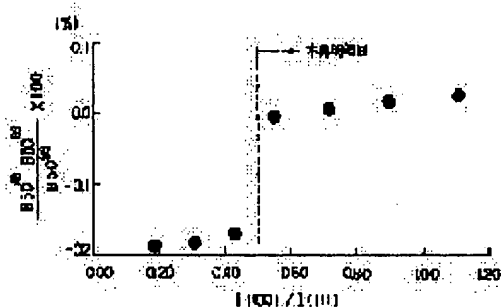
(72)Inventor : KAWAMATA RYUTARO
KUBOTA TAKESHI
YAMADA KENJI

(54) NONORIENTED SILICON STEEL SHEET HAVING HIGH MAGNETIC FLUX DENSITY AFTER STRESS RELIEF ANNEALING

(57)Abstract:

PURPOSE: To produce a nonoriented silicon steel sheet having high magnetic flux density after stress relief annealing by forming a texture, satisfying the prescribed conditions, in a steel sheet before stress relief annealing, in a nonoriented silicon steel sheet containing specific amounts of Si and C.

CONSTITUTION: A nonoriented silicon steel sheet, containing, by weight, $\leq 7.00\%$ Si and $\leq 0.010\%$ C in steel and used for iron core for use in electrical equipment, such as rotary machine iron core and transformer iron core, is provided, before stress relief annealing, with a texture in which $I(100)$ and $I(111)$ as the values of the ratios of the X-ray reflected surface intensities of (100) and (111) orientations in the pseudoplane parallel to a sheet surface in the part between the surface layer and a position at a depth one-fifth the sheet thickness from the surface layer to a random texture, satisfy relational inequality $0.50 \leq I(100)/I(111)$. By this method, the nonoriented silicon steel sheet having high magnetic flux density after stress relief annealing can be obtained.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

31.08.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-134606

(43) 公開日 平成8年(1996)5月28日

(51) Int. Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
C 2 2 C 38/00	3 0 3 U			
H 0 1 F 1/16			H 0 1 F 1/16	A

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平6-276790

(22) 出願日 平成6年(1994)11月10日

(71) 出願人 000006655

新日本製鐵株式会社

東京都千代田区大手町2丁目6番3号

(72) 発明者 川又 竜太郎

千葉県富津市新富20-1 新日本製鐵株式会社技術開発本部内

(72) 発明者 久保田 猛

福岡県北九州市戸畑区飛幡町1番1号 新日本製鐵株式会社八幡製鐵所内

(72) 発明者 山田 健二

千葉県富津市新富20-1 新日本製鐵株式会社技術開発本部内

(74) 代理人 弁理士 田村 弘明 (外1名)

(54) 【発明の名称】 歪取り焼鈍後の磁束密度が高い無方向性電磁鋼板

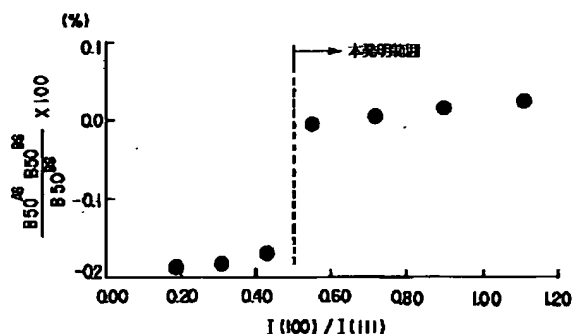
(57) 【要約】

【目的】 本発明は、歪取り焼鈍後の磁束密度の低下の少ない無方向性電磁鋼板を提供する事を目的とする。

【構成】 鋼中に重量%で7.00%以下のSiを含有し、回転機鉄心、トランス鉄心等の電気機器に使用される鉄心に供される無方向性電磁鋼板であって、成品における表層から板厚の1/5の深さの部分の仮面平行な面における(100)、(111)方位のX線反射面強度のランダム集合組織に対する比の値である $I(100)$ 、 $I(111)$ が、

$0.50 \leq I(100) / I(111)$

なる関係式を満たす集合組織を有する無方向性電磁鋼板。



$I(100) / I(111)$ と歪取り焼鈍後のB50変化の関係

【特許請求の範囲】

【請求項1】 鋼中に重量%で7.00%以下のSiと0.010%以下のCを含有し、回転機鉄心、トランス鉄心等の電気機器に使用される鉄心に供される無方向性電磁鋼板であって、歪取り焼鈍前の鋼板の表層から板厚の1/5の深さの部分の仮面平行な面における(100)、(111)方位のX線反射面強度のランダム集合組織に対する比の値である $I_{(100)}$ 、 $I_{(111)}$ が、 $0.50 \leq I_{(100)} / I_{(111)}$

なる関係式を満たす集合組織を有する無方向性電磁鋼板。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、電気機器の鉄心材料として用いられる、歪取り焼鈍後の磁束密度が高い無方向性電磁鋼板に関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年、省エネルギーの観点から無方向性電磁鋼板の品質向上のニーズは高まってきている。これまで高磁束密度無方向性電磁鋼板としては低級グレードの無方向性電磁鋼板が広く用いられてきている。これらの無方向性電磁鋼板の特性向上のためには溶製段階での高純化、鋼中のSi、Al含有量を多くする、仕上焼鈍温度、時間の確保、冷延条件の検討等が行われてきた。また、無方向性電磁鋼板は一般に仕上焼鈍後、必要に応じてスキンプスを施し、打ち抜き後歪取り焼鈍を施して使用に供するが、この歪取り焼鈍の際に粒成長した組織においては著しく磁束密度が低下することが問題であった。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、従来技術におけるこのような問題点を解決し、高磁束密度の無方向性電磁鋼板を提供することを目的とするものである。

【0004】

【課題を解決するための手段】すなわち、本発明の要旨とするところは、鋼中に重量%で7.00%以下のSiと0.010%以下のCを含有し、回転機鉄心、トランス鉄心等の電気機器に使用される鉄心に供される無方向性電磁鋼板であって、歪取り焼鈍前の鋼板の表層から板厚の1/5の深さの部分の仮面平行な面における(100)、(111)方位のX線反射面強度のランダム集合組織に対する比の値である $I_{(100)}$ 、 $I_{(111)}$ が、 $0.50 \leq I_{(100)} / I_{(111)}$

なる関係式を満たす集合組織を有する無方向性電磁鋼板である。

【0005】以下に、本発明を詳細に説明する。従来無方向性電磁鋼板の磁束密度向上のための技術として、製鋼段階では特開昭61-231120号公報に記載されているように、鋼中の炭素、窒素、硫黄、酸素等の低減による高純度鋼化や、特開昭54-68716号公報、

特開昭54-68717号公報にみられるようなSb添加を基本とする技術、特開昭62-180024号公報、特開昭64-39348号公報のごとくSn、Cuの複合添加を旨とする技術が開示されている。また、熱延では特開昭56-38420号公報、特開昭56-130425号公報、特開昭58-136718号公報のような制御熱延、特開昭54-76422号公報のごとき自己焼鈍技術、鋼純度との熱延板焼鈍条件を規定した特開昭59-74224号公報等が開示されている。

【0006】また、2回法における1次冷延率、中間焼鈍条件、2次冷延率等を規定した特開昭53-66816号公報や、冷延においては特開昭51-97527号公報のごとく熱延方向から $55^\circ \pm 20^\circ$ 方向に冷間圧延方向をとることによる全周特性の向上、特開昭63-26313号公報のごとくブライtrolにて圧延後ダルロールにてスキンプスを行う技術、あるいは特開平3-120316号公報のごとくリバース圧延による冷延、またさらに仕上焼鈍においては加熱速度、張力を規定した特開昭62-102507号公報、変態点との関係において仕上焼鈍条件を規定した特開昭62-253727号公報、焼鈍時の加熱速度、温度、冷却速度等の条件を制御する特開昭56-29623号公報、急速加熱条件を規定した特開平2-11728号公報等が開示されている。

【0007】しかし従来の磁束密度向上技術により形成された無方向性電磁鋼板における集合組織は、短時間の焼鈍による一次再結晶直後の集合組織においては(100)、(110)方位が増加し磁気特性が向上するものの、焼鈍時間を延長して一次再結晶完了後に粒成長を進行させると、磁気特性に有害な(111)方位集積度が高まり、磁束密度が大幅に低下するという難点があった。

【0008】無方向性電磁鋼板は仕上焼鈍を施した後、もしくは仕上焼鈍に引き続きスキンプス圧延を施した後出荷され、需要家において所定の形状に加工し成形される。この加工時の歪みによる磁気特性劣化を防止するため、また鉄損の改善のため成形後に歪取り焼鈍を施して使用されるのが通例であるが、この歪取り焼鈍では金属組織の結晶粒成長により鉄損は改善されるものの、先に述べた様な集合組織の変化により磁束密度は大幅に低下することが大きな問題であった。

【0009】発明者らは、この様な従来技術における無方向性電磁鋼板の集合組織制御の欠点を改善すべく鋭意検討を重ねた結果、歪取り焼鈍前の鋼板における集合組織が一定の条件を満たす鋼板を使用することにより、歪取り焼鈍後に磁気特性に好ましくない(111)方位の発達を抑制し、需要家において焼鈍を施した後の実際の使用時においても磁束密度の低下が少なく、優れた磁気特性を示す無方向性電磁鋼板を供する事が可能であることを見出し発明の完成に至った。

【0010】次に本発明の限定理由を詳細に説明する。まず、成分について説明すると、Siは一般に鋼板の固有抵抗を増大させ渦流損を低減させるために添加されるが、低級グレードの無方向性電磁鋼板においてはコスト低減の観点から、必ずしもその添加は必須であるとされない。一方、Si添加量が7.00%を超えると鋼板の脆性が著しく悪化し、スラブの置き割れ、熱間圧延、冷間圧延時の破断、加工性の劣化が起こるので7.00%以下とする必要がある。

【0011】Cは0.010%以下であれば本発明の目的を達成することが出来る。無方向性電磁鋼板の用途は主として小型回転機であり、鉄損の低減のために冷延後の仕上焼鈍あるいはさらに歪取り焼鈍中の粒成長を促進させる必要があり、鋼中の微細析出物を減らす必要がある。このためには、鋼中のCの含有量を0.010%以下に制限する必要がある。

【0012】Al, MnはSiと同様に鋼板の固有抵抗を増大させ渦流損を低減させるために添加される。このためにはAl, Mnとも0.10%以上を含有することが有効である。また、Alは1.0%を超えるコスト高となるので1.0%未満の添加が好ましく、Mnは2.0%を超えると熱間変形抵抗が増加して不適切であるので2.0%以下の添加が好ましい。また、Al, Mn添加の有無は本発明の効果を何等損なうものではない。*

磁気測定結果

	仕上焼鈍後 $I_{(100)} / I_{(111)}$ (表層1/5)	仕上 焼鈍後 B50 ^{AS}	歪取 焼鈍後 B50 ^{AS}	B50 ^{AS} - B50 ^{NS}
				B50 ^{NS} ×100
本発明例①	1.11	1.790	1.795	+0.28
本発明例②	0.90	1.786	1.789	+0.18
本発明例③	0.72	1.781	1.782	+0.06
本発明例④	0.55	1.775	1.774	-0.05
比較例①	0.43	1.772	1.742	-1.71
比較例②	0.30	1.766	1.734	-1.83
比較例③	0.19	1.761	1.728	-1.87

(磁気密度B50単位: T)

【0017】表2および図1より、本発明例の様に表層から板厚1/5の板面平行な面における $I_{(100)} / I_{(111)}$ の値が0.50以上の場合において歪取り焼鈍後の磁束密度の低下が少なく、むしろ歪取り焼鈍後に磁束密度が向上する試料さえ見られることがわかる。さらに表2中の本発明例①と比較例②の試料につて、表層1/5および板厚中心の仕上焼鈍後および歪取り焼鈍後の集合組織の変化の調査のため主要11面の反射面強度を測定し逆極点図を作成した。図2に表層1/5の、図3に※50

*【0013】また、製品の機械的特性の向上、磁気的特性、耐錆性の向上あるいはその他の目的のために、Al, Mn, P, B, Ni, Cr, Sb, Sn, Cuの1種または2種以上を鋼中に含有させても本発明の効果は損なわれない。

【0014】次に、本発明の特徴とする無方向性電磁鋼板のX線反射面強度の限定理由について述べる。表1に示す成分を有する無方向性電磁鋼板であって、仕上焼鈍後の集合組織の異なる試料を選択し歪取り焼鈍前後での磁束密度の低下の割合を調査した。ここで、集合組織の方位集積度は各方位面のX線の反射面強度をランダム方位試料の反射面強度で除した値を用いた。 $I_{(100)}$ 、 $I_{(111)}$ はそれぞれ(100)面、(111)面の対ランダム比反射面強度を示す。測定結果を表2に示す。

【0015】

【表1】

供試材成分

C	Si	Mn	P	S	N
0.0019	0.25	0.13	0.052	0.0022	0.0021

【0016】

【表2】

※板厚中心1/2の仕上焼鈍後および歪取り焼鈍後の試料の逆極点図を示す。また、図4に逆極点図における主要11面の表示位置を示す。

【0018】図2および図3より、本発明例①の鋼板表層1/5では歪取り焼鈍の実施により $I_{(100)}$ が2.0から2.3に向上し、 $I_{(111)}$ は1.8から1.4に低下している。また、本発明例①の板厚中心1/2では $I_{(100)}$ が1.3から1.5に向上しているが、 $I_{(111)}$ は歪取り焼鈍前後で4.9と変化が見られない。一方、

比較例②においては、板表層1/5では歪取り焼鈍を実施することにより $I_{(100)}$ が1.6から1.1に減少し、 $I_{(111)}$ は5.3から7.3に増加している。更に比較例②の板中心1/2では歪取り焼鈍の実施により $I_{(100)}$ が1.1から0.7に減少し、 $I_{(111)}$ は5.8から8.4に増加している。

【0019】この様に、本発明例では歪取り焼鈍による粒成長により磁性にとって好ましい、結晶における磁化容易軸〈100〉方向を板面内に有する〈100〉方位への集積度が向上する傾向にあり、比較例では逆に難磁化方位である〈111〉方位を板面内に有し磁性にとって好ましくない〈111〉方位への集積度が増加してい*

本発明例と比較例の仕上焼鈍後、歪取り焼鈍後の $I_{(100)} / I_{(111)}$ の値

	仕上 焼鈍後 値 A	歪取り 焼鈍後 値 B	値B — 値A
本発明例① 板表層 1/5	1.11	1.64	1.48
板厚中心 1/2	0.27	0.31	1.15
比較例② 板表層 1/5	0.30	0.15	0.50
板厚中心 1/2	0.19	0.083	0.44

【0021】表3において、本発明例①の仕上焼鈍後の1次再結晶集合組織では、板表層1/5において〈111〉方位集積度に対する〈100〉集積度の反射面強度の比 $I_{(100)} / I_{(111)}$ が本発明範囲である0.5以上の1.11となっており、比較例②では、表層でのこの値は0.30となっている。比較例②では、仕上焼鈍後と歪取り焼鈍後では $I_{(100)} / I_{(111)}$ の値は、表層1/5で0.30から0.15へ、板厚中心で0.19から0.083へと減少しており、歪取り焼鈍を施し粒成長させたことにより〈111〉方位集積度に対する〈100〉方位集積度の相対的な強度は大幅に減少している。

【0022】一方、本発明例①では〈111〉方位集積度に対する〈100〉集積度の反射面強度の比 $I_{(100)} / I_{(111)}$ の値は板中心層1/2においては歪取り焼鈍前の値0.27から0.31に増加しており、また板表層1/5ではこの値は1.11から1.64に増加している。このため本発明例では比較例とは逆に〈111〉方位集積度に対する〈100〉方位集積度の相対的な強度は向上している。また、本発明例①において歪取り焼鈍前の $I_{(100)} / I_{(111)}$ の値Aと、歪取り焼鈍後の $I_{(100)} / I_{(111)}$ の値Bとの比(値B/値A)は表層が1.48であるのに対し、中心1/2では1.15となっており、歪取り焼鈍を実施することによる相対的な〈100〉方位集積度の向上は特に表層において顕著で※50

*る。このため、本発明では歪取り焼鈍により粒成長させた後も磁束密度の低下が見られず、むしろ〈111〉方位に対する〈100〉方位集積度の相対的な向上により磁束密度が向上する場合さえみられる。〈100〉方位と〈111〉方位の相対的な存在比について明らかにするため、図2および図3の集合組織測定結果をもとに表3に本発明例①と比較例②の板表層1/5ならびに板厚中心で1/2での $I_{(100)} / I_{(111)}$ の値を整理して示した。

【0020】

【表3】

※ある。

【0023】この様に、本発明における歪取り焼鈍後の鋼板の磁束密度低下防止には、本発明の請求項において規定したように、表層付近の集合組織が大きな役割を果たしていることがわかる。すなわち、無方向性電磁鋼板の板表層付近の集合組織を規定し、鋼板表層付近において〈100〉方位集積度を〈111〉方位集積度に対して一定以上確保することにより、歪取り焼鈍による粒成長後において、〈111〉方位集積の増加を抑制する事が可能となる。また、この歪取り焼鈍時における〈111〉方位集積度の増加を抑制する効果は、鋼板表層付近で顕著であるが、板厚中心付近においても認められ、結果的に板厚全層にわたって、歪取り焼鈍時の粒成長時の〈111〉方位集積度増加を抑制し、磁束密度の低下を防止することが出来るものである。

【0024】以上の様に仕上焼鈍後の無方向性電磁鋼板の集合組織が本発明の要件を満たしていれば、歪取り焼鈍後の無方向性電磁鋼板の集合組織において難磁化方位である〈111〉方位の発達を抑制し、磁化容易方位である〈100〉方位を富化することが可能であり、磁気特性に適した集合組織を持つ無方向性電磁鋼板を得ることが可能である。

【0025】

【実施例】表4に示した成分を有し、表5に示すような仕上焼鈍後の集合組織が異なる無方向性電磁鋼板を用意

し、750℃2時間の需要家相当の歪取り焼鈍を施し磁気特性を測定した。歪取り焼鈍前後の集合組織、磁気測定結果を表5に示す。

*
供 試 材 成 分

	C	Si	Mn	P	S	Al	N
成分1	0.0020	0.29	0.30	0.055	0.0022	0.23	0.0021
成分2	0.0018	2.00	0.22	0.001	0.0019	0.27	0.0019
成分3	0.0018	3.00	0.10	0.001	0.0017	0.89	0.0020

【0027】

※ ※【表5】
集 合 組 織、磁 気 特 性 測 定 結 果

		仕 上 焼 鈍 後					歪 取 焼 鈍 後	
		表 層 1 / 5			B50 ^{BS}	W15/50	B50 ^{AS}	W15/50
		I ₍₁₀₀₎	I ₍₁₁₁₎	I ₍₁₀₀₎ / I ₍₁₁₁₎	(T)	(W/kg)	(T)	(W/kg)
成分1	本発明	1.7	1.8	0.94	1.786	5.50	1.780	5.01
	比較例	1.5	5.2	0.29	1.771	5.56	1.743	5.05
成分2	本発明	1.8	1.8	1.00	1.731	3.46	1.728	3.15
	比較例	1.4	5.7	0.25	1.712	3.51	1.691	3.18
成分3	本発明	2.0	1.9	1.05	1.692	2.47	1.691	2.25
	比較例	1.6	5.7	0.28	1.680	2.52	1.661	2.28

【0028】表5から明らかなように本発明では歪取り 30★【図面の簡単な説明】

焼鈍後に比較例と同様に鉄損が改善するにもかかわらず、磁束密度の低下がほとんどない。

【0029】

【発明の効果】以上説明したごとく、本発明の様に仕上焼鈍後の表層での集合組織における(111)方位集積度に対する(100)集積度の反射面強度の比を規定することにより、歪取り焼鈍後の磁束密度の低下のほとんどない磁気特性の極めて優れた無方向性電磁鋼板を提供する事が可能である。

★

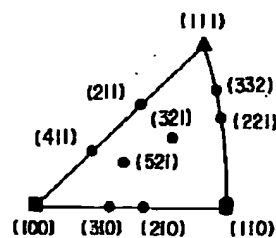
【図1】仕上焼鈍後の鋼板のI₍₁₀₀₎ / I₍₁₁₁₎ と歪取り焼鈍後のB50の変化の関係を示す図。

【図2】仕上焼鈍後および歪取り焼鈍後の鋼板表層1/5の集合組織を示す図。

【図3】仕上焼鈍後および歪取り焼鈍後の板厚中心1/2の集合組織を示す図。

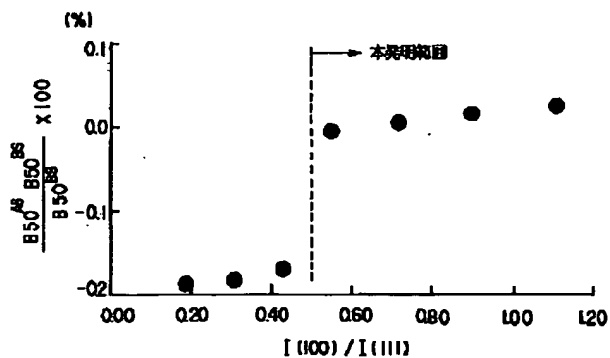
【図4】主要11面の逆極点図内の方位表示位置を示す図。

【図4】



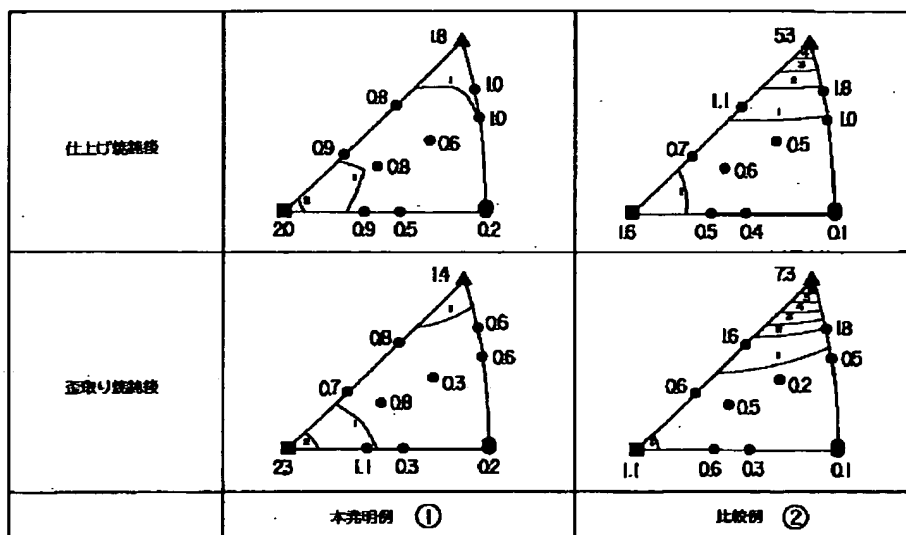
主要11面の逆極点図内位置

【図1】



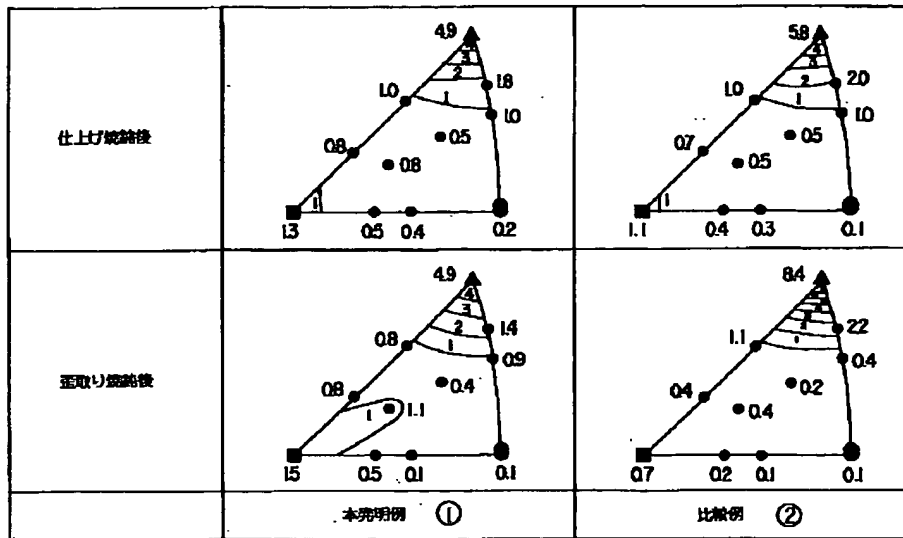
I(100) / I(111)と歪取り焼鈍前後のB50変化の関係

【図2】



仕上げ焼鈍および歪取り焼鈍後の鋼板表面1/5の鋼板集合組織

【図3】



仕上げ焼結後および歪取り焼結後の硝板板厚中心1/2の硝板集合組織